

Mieczysław Banach

Instytut Geografii
Pomorska Akademia Pedagogiczna
Ślupsk

Halina Grobelska

Instytut Geografii
i Przestrzennego Zagospodarowania PAN
Toruń

STAN DYNAMIKI BRZEGÓW ZBIORNIKA JEZIORSKO

1. Wprowadzenie

Nagła i trwała zmiana bazy erozyjno-denudacyjnej rzeki w efekcie wybudowania na niej stopnia piętrzącego zapoczątkowuje nowy, „zbiornikowy” etap rozwoju jej strefy brzegowej na podniesionych rzednych nad poziomem morza. Erozja rzeki wynikająca ze spadku zwierciadła zostaje zastąpiona abrazją falowania wiatrowego zwiększonej powierzchni wodnej. Przejawem intensywności tego procesu jest cofanie się brzegów zbiornika i wzrost ich wysokości. Przestrzenna i czasowa zmienność natężenia abrazji warunkowana jest cechami środowiska przyrodniczego oraz czynnikami, które uruchamiają ten proces. Najważniejsze z nich to budowa geologiczna i morfologia brzegów, gospodarka wodna na stopniu, falowanie wiatrowe i prądy wody nim wywołwane oraz ruchy masowe na brzegach. Ich wypadkową jest cofanie się bądź przyrastanie brzegu.

Celem opracowania jest charakterystyka zaistniałych zmian w strefie brzegowej po 7 latach od zakończenia spiętrzenia Warty na 484,4 km jej biegu. Niewiele jest w polskiej literaturze prac dotyczących przekształcania brzegów zbiorników zaporowych. Wynika to głównie z niewielkich ich rozmiarów i mało dostrzegalnego wpływu na przyległy obszar. Pierwsze prace nad tymi procesami w ujęciu jakościowym i ilościowym podjęto w latach sześćdziesiątych w byłym Instytucie Gospodarki Wodnej oraz PIHM (Cyberski 1965, Wiśniewski 1966). Wraz z oddawaniem do eksploatacji kolejnych, coraz to większych zbiorników wzrastało zainteresowanie ich wpływem na środowisko (Majde, Niepokulczycki 1972, Kieraś i in. 1973, Kostecki 1975, Dąbkowski 1978, Mroczek i in. 1984, Ziętara 1992). Najczęściej były to badania jednorazowe, podejmowane na początku eksploatacji obiektu. Długoletnie, systematyczne badania wpływu na środowisko największego wówczas w Polsce zbiornika Włocławek podjęto w 1969 r w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Toruniu (Banach 1973, 1981, 1994). W ostatnich latach przedmiotem zainteresowania jest

również strefa brzegowa podpiętrzanych jezior (Jezioro Pakoskie), pełniących obecnie rolę zbiorników retencyjnych, niekiedy o znacznych wahaniami stanów wody w ciągu roku (Grobelska 1999). Należy do nich zbiornik Jeziorsko.

Prace terenowe przeprowadzono w sierpniu i wrześniu 1999 r. Wartości stanów wody w zbiorniku uzyskano w Inspektoracie Eksploatacji Zbiornika Retencyjnego „Jeziorsko” w Skęczniewie, za co autorzy niniejszego artykułu serdecznie dziękują.

2. Podstawowe parametry zbiornika

Zbiornik Jeziorsko został utworzony w efekcie spiętrzenia wód Warty na jej 484,4 kilometrze. Zapora w Skęczniewie długości 2700 m zamknęła zlewnię o powierzchni 9021,8 km², co stanowi 17% całkowitego dorzecza rzeki. Średni roczny przepływ wynosi tu 49,8 m³/s (Atlas hydrologiczny Polski... 1986). Wstępne napełnianie zbiornika rozpoczęto w 1986 r., natomiast pełen zakres piętrzenia osiągnięto w 1992 r. Elektrownię o mocy 4,8 MW uruchomiono w 1995 r., a całość inwestycji zakończono w grudniu 1996 r. (Orłowski 1999). Jest to typowy zbiornik retencyjny o permanentnych, zachodzących w cyklu rocznym wahaniami stanów wody. Przy minimalnym poziomie piętrzenia, wynoszącym 116,3 m n.p.m., przypadającym zimą, objętość zbiornika wynosi zaledwie 30,2 mln m³. Wartość ta wzrasta blisko siedmiokrotnie w okresie wiosenno-letnim, osiągając 202,3 mln m³, przy rzędnej piętrzenia 121,5 m n.p.m., i zajmuje powierzchnię 42,3 km². Przy tak dużych, przeszło pięciometrowych wahaniami stanów wody, corocznie odsłaniane i osuszone są znaczne obszary czaszy zbiornika – ekstremalnie, przy amplitudzie 5,2 m, jest to ponad 58% jego powierzchni.

Zbiornik ten, o przebiegu południkowym i wyraźnie wydłużonym kształcie (wskaźnik wydłużenia, tj. stosunek długości do średniej szerokości wynosi 6,2), ma maksymalnie 16 km długości (7 km przy stanie minimalnym). Zajmuje całą równinę zalewową Warty szerokości od 1,8 do 3,5 km. Średnia jego szerokość wynosi 2,6 km przy maksymalnym oraz 2,5 km przy minimalnym stanie, natomiast głębokość wynosi średnio odpowiednio 5,2 m i 1,7 m. Jest to czwarty pod względem pojemności i drugi co do powierzchni sztuczny zbiornik wodny w kraju.

3. Morfologia i budowa geologiczna

Zbiornik Jeziorsko leży w obrębie Niecki Sieradzkiej i zajmuje południkowo położony odcinek doliny Warty pomiędzy miastem Warta a wsią Skęczniew, gdzie zlokalizowano zapórę czołową. Bezpośrednie otoczenie niecki stanowią przylegające do niej wysoczyzny – Łaska od wschodu i Turecka od zachodu. Wysokość terenu waha się od 150-130 m n.p.m. w obrębie wysoczyzn do 118-115 m n.p.m. w dnie doliny Warty (minimum 113,2 m n.p.m. w okolicach Miłkowa).

Rozpatrywany obszar leży w strefie krawędziowej Niecki Łódzkiej i monokliny przedsudeckiej (Klatkowa, Załoba 1992). Najstarszymi występującymi tu utworami są silnie spękane margle górnokredowe. Ich strop ma charakter erozyjny, o deniwe-

lacjach dochodzących do 50 m (Buraczyński 1986). Zalegają one na głębokości średnio 5-40 m, minimalnie 2-3 m w rejonie Pęczniewa i Pniewa. Obecna powierzchnia topograficzna naśladuje ukształtowanie starszego podłoża (ryc. 1). Utwory kredy stanowią bezpośrednie podłoże pokrywających ten obszar utworów plejstoceńskich. Są to głównie glacialne i fluwioglacialne utwory zlodowacenia środkowopolskiego stadiału Warty, o miąższości maksymalnie dochodzącej do 20 m. Zalegają one ponad starszymi, granulometrycznie zróżnicowanymi utworami fluwioglacialnymi bądź bezpośrednio na glinie stadiału maksymalnego tego zlodowacenia. Utwory te często są zaburzone glacitektonicznie, a w ich obrębie znajdują się porwaki ilów i mułków górnioceńskich oraz pstrych ilów plioceńskich. Tylko w okolicach Jeziorska, w bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika, gliny stadiału maksymalnego występują bezpośrednio na powierzchni terenu (Klatkova, Załoba 1990, 1992; Załoba 1996).

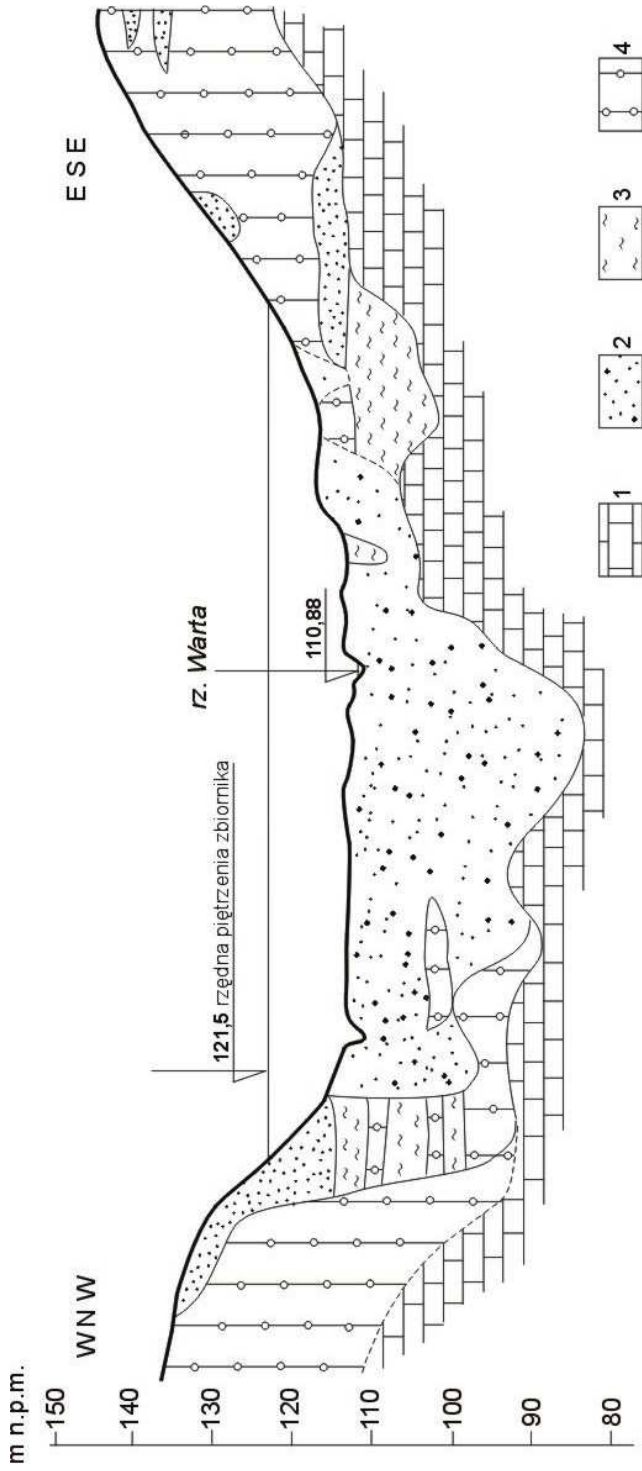
Płaską wysoczyznę morenową w otoczeniu zbiornika rozcinają doliny rzeczne. Pierwsza, przebiegająca z południowego wschodu na północny zachód, to vistuliańska dolina Pra-Warty (Mańkowska, Baranowski 1970). Jest ona obecnie wykorzystywana przez uchodzącą do zbiornika Jeziorsko rzekę Pichną oraz płynącą w dalszej części doliny rzekę Teleszynę. Ten obecnie depresyjny obszar chroniony jest zaporami bocznymi. Obniżenie to przecina współczesna, południkowo położona dolina Warty. Dolina vistuliańska wypełniona jest piaskami i mułkami rzeczными, tworzącymi w bezpośrednim sąsiedztwie Warty ok. 4-7-metrowej wysokości półki czy listwy. Na zdecydowanie większej przestrzeni formy te występują wzdłuż lewego zbocza doliny Warty. Budują je tu głównie mułki rzeczne – w odróżnieniu od bardziej piaszczystego poziomu, tylko lokalnie towarzyszącemu wschodniej krawędzi doliny. Dno drugiej, młodszej doliny wykorzystywanej przez Wartę, a obecnie zajętej przez zbiornik Jeziorsko, wypełniają utwory holocenu. Są to głównie piaski i mady rzeczne o średniej miąższości 2 m, lokalnie przechodzące w namuły.

Krawędź doliny Warty, ograniczająca zbiornik jeszcze przed jego utworzeniem, na znacznych odcinkach miała charakter erozyjny. Porozcinana jest ona wieloma dolinkami erozyjno-denudacyjnymi, częściowo wykorzystywanymi przez małe ciekі. W okolicach Tądowa Górnego, Brzegu i Brodni występowały również osuwiska.

Zasadniczymi utworami budującymi strefę brzegową zbiornika są gliny zwałowe i utwory fluwioglacialne zlodowacenia środkowopolskiego oraz piaski i mułki rzeczne vistulianu. Lokalnie towarzyszą im osady glacialimniczne, deluwia gliniaste oraz koluwia czynnych osuwisk. Przy niskich stanach wody w zbiorniku rozmywaniu przez fale podlegają aluwia Warty. Proces ten obejmuje górny, a częściowo i środkowy odcinek zbiornika.

4. Gospodarka wodna na zbiorniku

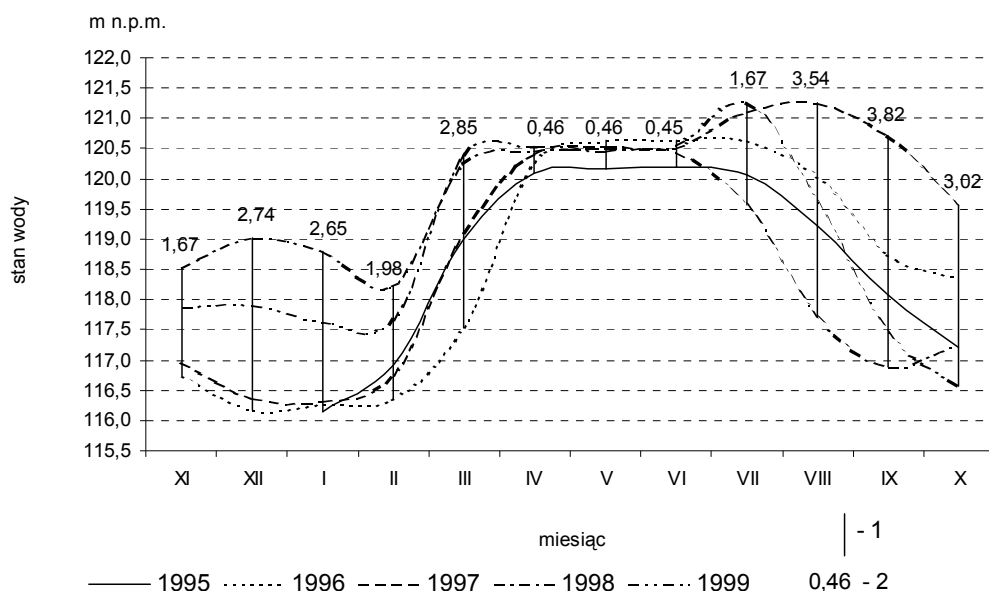
Zbiornik Jeziorsko jest akwenem wielozadaniowym. Pełni on rolę przeciwpowodziową, jest rezerwuarem wody na potrzeby przemysłu, rolnictwa i gospodarki komunalnej, ma funkcje hydroenergetyczne i rekreacyjno-sportowe. Dlatego zbiornik ten pracuje w cyklu rocznym. Schemat jego pracy przewiduje gromadzenie od lutego do



Ryc. 1. Przekrój geologiczny wzdłuż osi zapory czołowej w Skęczniewie (wg Buraczyński 1986, uproszczony): 1 – margle kredowe, 2 – piaski gruboziarniste i żwiry, 3 – piaski drobnoziarniste i mułki, 4 – gliny

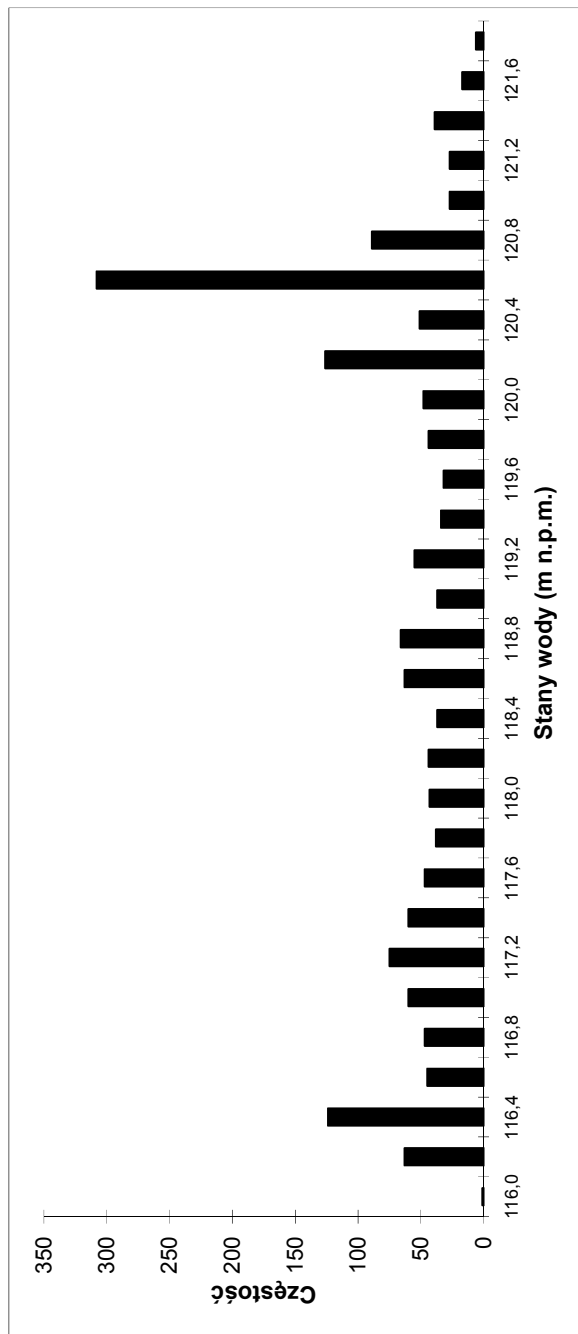
czerwca w opróżnionym zbiorniku wód roztopowych. Lustro wody może wówczas osiągać poziom maksymalny 120,5 m n.p.m., a w sytuacjach ekstremalnych 122,0 m n.p.m. W drugiej połowie czerwca, według instrukcji eksploatacji, powinno rozpocząć się opróżnianie zbiornika, trwające do końca listopada, mające na celu zaspokojenie potrzeb jego użytkowników. Uzyskany w tym okresie minimalny poziom piętrzenia, ok. 116,3 m n.p.m., powinien być utrzymywany w grudniu i styczniu.

Przedstawiony cykl pracy zbiornika w okresie wieloletnim jest zachowany, jednak w poszczególnych latach, w zależności od sytuacji hydrologicznej zlewni, podlega modyfikacji. Zmieniają się rzędne stanów niskich i wysokich, a poszczególne fazy pracy zbiornika ulegają przesunięciu w czasie (ryc. 2). Najbardziej wyrównane stany wody występują od kwietnia do czerwca. W latach 1995-1999¹ zwierciadło wody w tych trzech miesiącach utrzymywało się na rzędnych 120,08-120,63 m n.p.m., tzn. amplituda średnich miesięcznych nie przekroczyła w tym okresie 0,5 m. W pozostałych miesiącach wartość ta była znacznie większa i wynosiła od 1,67 m w lipcu i listopadzie do ponad 3 m w okresie od sierpnia do października (maksymalnie 3,82 m we wrześniu). W analizowanym okresie 122 razy została przekroczona dolna, a 11 razy górna rzędna piętrzenia; absolutne minimum wyniosło 116,14 m n.p.m., a absolutne maksimum 121,71 m n.p.m. Corocznie na zbiorniku osiągnane są stany zbliżone do ekstremalnych. Amplitudy stanów wody w poszcze-



Ryc. 2. Średnie miesięczne stany wody na zbiorniku Jeziorsko w latach 1995-1999: 1 – linie minimum – maksimum dla poszczególnych miesięcy w badanych latach, 2 – różnica średnich stanów miesięcznych w badanych latach (m)

¹ Autorzy dysponowali danymi stanów wody zbiornika Jeziorsko z okresu 01.1995 – 10.1999 r.



Ryc. 3. Histogram częstotliwości dobowych stanów wody na zbiorniku Jezziorsko w latach 1995-1999

gólnych latach hydrologicznych wahały się od 3,86 m w 1998 r. do 5,57 m w 1997 r. Duże różnice występują również w zakresie wahań stanów wody w poszczególnych miesiącach. Najmniejszym zmianom podlega zwierciadło wody w maju (0,05-0,12 m), a największym w lutym i marcu (1,56-3,03 m), kiedy to zbiornik jest bardzo szybko napełniany wodami roztopowymi.

W celu określenia dominującego na zbiorniku stanu wody wyodrębniono trzydziści dwudziestocentymetrowych przedziałów: od 116,0 do 122,0 m n.p.m. i obliczono ich procentowy udział (ryc. 3). W ogólnym bilansie wyraźnie zaznacza się dominacja stanów wysokich. Stany z przedziału od 120,2 do 120,8 m n.p.m. stanowią blisko 33% wszystkich stanów dobowych w analizowanych latach, w tym aż 17,7% w przedziale od 120,6 do 120,8 m n.p.m. Ten zakres stanów wody jest zatem najbardziej morfotwórczy dla strefy brzegowej zbiornika Jeziorsko, co ma odbicie w morfologii platform przybrzeżnych. Na ogólnym tle zaznacza się również wzrost częstości występowania stanów niskich; na przedział 116,4-116,6 m n.p.m. przypada 7,1%.

5. Strefa brzegowa zbiornika

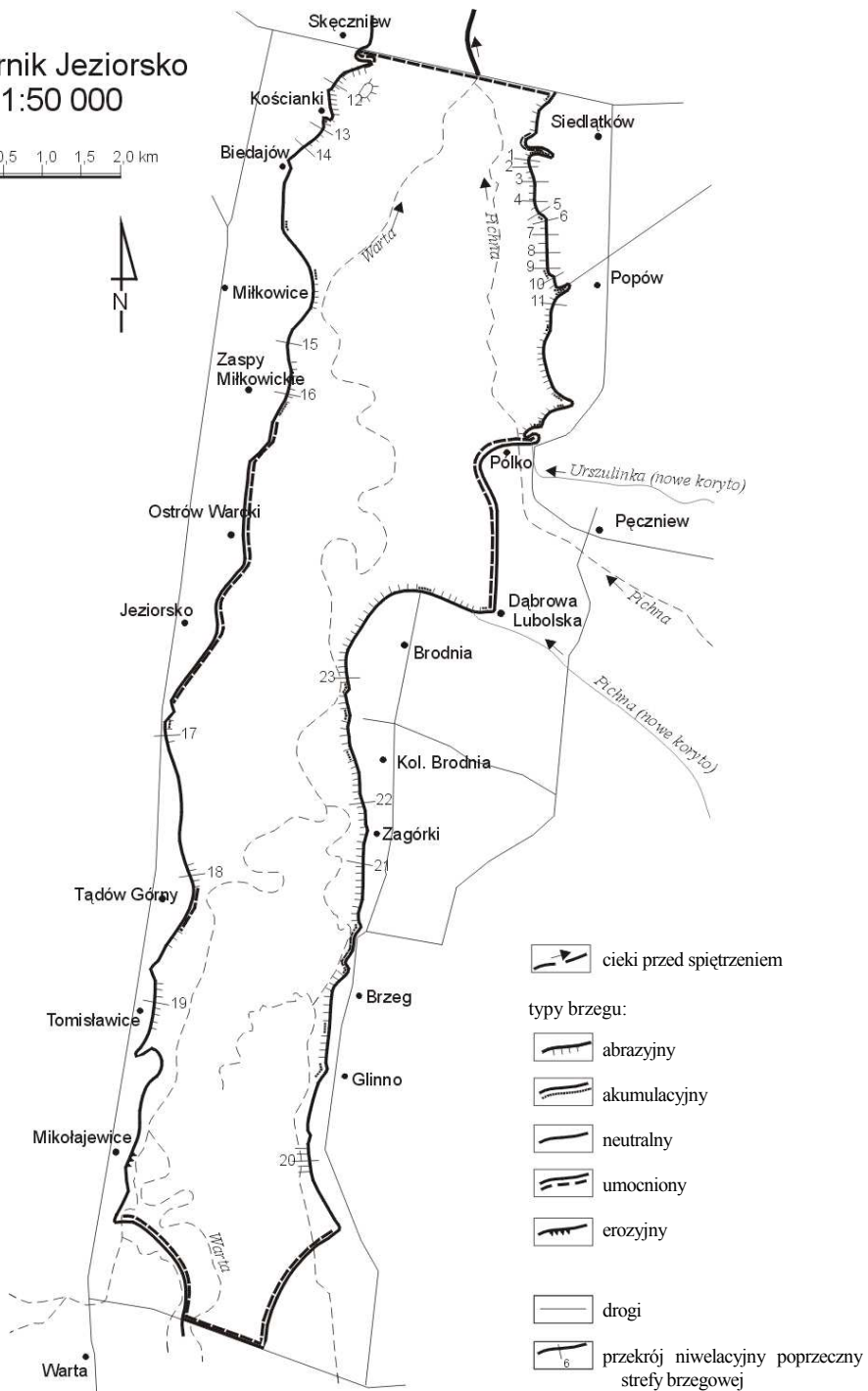
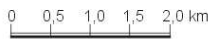
Długość brzegów zbiornika Jeziorsko przy stanie maksymalnym wynosi 44,3 km, z czego 32,1% (14,2 km) jest już umocnionych, tj. nie poddaje się rozmywaniu przez fale (tab. 1). Niewielkie, południkowe wydłużenie zbiornika (wskaźnik 6,2), małe urozmaicenie linii brzegowej (1,9), znaczne odsłonięcie (wskaźnik 881), duże roczne amplitudy stanów wody (do 5 m) oraz duże zróżnicowanie litologiczne i morfometryczne brzegów sprzyja intensywnemu przekształcaniu jego strefy brzegowej pod wpływem abrazyj falowania wiatrowego.

Tabela 1

Typy brzegów zbiornika Jeziorsko

Typ brzegów	Ogółem		Lewy		Prawy	
	km	%	km	%	km	%
ogółem	44,3	100,0	20,9	100,0	23,4	100,0
sztuczne	15,6	35,2	8,0	38,3	7,6	32,5
naturalne	28,7	64,8	12,9	61,7	15,8	67,5
abrazyjne	17,0	38,4	5,1	24,4	11,9	50,9
akumulacyjne	2,1	4,7	0,6	2,9	1,5	6,4
neutralne	10,8	24,4	7,4	35,4	3,4	14,5
erozyjne	0,2	0,4	0,2	0,9	–	–
umocnione	14,2	32,1	7,6	36,4	6,6	28,2
osuwiskowe	0,4	0,9	–	–	0,4	1,7

Zbiornik Jeziersko
1:50 000



Ryc. 4. Typy brzegów zbiornika Jeziersko

Kartowanie brzegów zbiornika wykonano na przełomie sierpnia i września 1999 r. na podkładzie map topograficznych w skali 1:50 000, przy opadającym stanie wody (średnio 117,34 m n.p.m.). Wyróżniono pięć dynamicznych typów brzegu: abrazyjny, akumulacyjny, neutralny, erozyjny i umocniony (ryc. 4, tab. 1). W ich rozmieszczeniu zauważa się wyraźny związek z budową geologiczną i litologią brzegu, morfologią zalanego stoku oraz ukształtowaniem linii brzegowej.

Za abrazyjny uznano odcinek brzegu, na którym w dłuższym okresie, tj. w pełnym cyklu wahań stanów wody, ubywa osadów. Nadwodna część brzegu cofa się, a górna część platformy przybrzeżnej obniża się. Ten typ brzegu dominuje (38,4%), szczególnie na prawym, wschodnim, dowietrznym brzegu, gdzie zajmuje 50,9% jego długości. Najdłuższy, nieprzerwany odcinek abrazyjny (ok. 0,8 km) jest w Siedlątkowie, o średniej wysokości kłifu 4,4 m i zróżnicowaniu od 1,8 do 10,1 m. Średnia wysokość jest średnią arytmetyczną wartością wysokości 16 odcinków długości 50 m. Kolejny długi odcinek abrazyjny (ok. 2,1 km), rozdzielony kilkoma fragmentami brzegu akumulacyjnego długości 40-50 m, występuje w Brodni. Średnia jego wysokość wynosi 3,3 m, wahając się od 0,6 do 7,6 m. Ku południowi, w Brzegu i Glinie brzegi abrazyjne są niższe i nie przekraczają 1 m wysokości. Brzeg lewy, zachodni, jest niski, połogi, mało urozmaicony wysokościowo. Abrazji podlega tylko 24,4% jego długości. Najwyższe czynne kłify nie przekraczają 2 m i występują w Tądowie Górnym, Zaspach Miłkowickich i Kościankach.

Za akumulacyjne uznano odcinki brzegu, na których w dłuższym okresie przybywa osadów. Nadwodna część brzegu postępuje ku przodowi (ku zbiornikowi), a górna część platformy podnosi się. Występują one na wgłębieniach linii brzegowej, w zatokach różnej wielkości i powstają na skutek strat energii wzdłużbrzegowego potoku osadów transportowanych prądami w strefie brzegowej. Obecnie brzegi te mają najczęściej formę odsypów wałopodobnych – przystających całą swą długością do brzegu macierzystego, kos – łączących się z brzegiem tylko jednym swym końcem, rzadziej mierzei – zamykających lagunę (zatokę). Zbudowane są głównie z piasków gruboziarnistych i żwirów. Stanowią rodzaj „przerywników” w dominującym typie abrazyjnych brzegów. Długość ich nie przekracza 60 m, a najczęściej wynosi 25-40 m. Nie są jeszcze pokryte zwartą roślinnością trawiastą. Łącznie stanowią niecałe 5%, więcej ich jest na prawym brzegu (tab. 1). Martwe, niewysokie kłify na zapleczu wielu odcinków tych brzegów świadczą o ich abrazji na początkowym etapie eksploatacji zbiornika, kiedy brak było jeszcze ukształtowanej platformy przybrzeżnej i obfitej dostawy osadów z sąsiedztwa. Można przypuszczać, że część tych brzegów poza większymi zatokami stanie się abrazyjna na skutek ciągłego cofania się znajdujących się w sąsiedztwie odcinków abrazyjnych. Konsekwencją powyższego procesu jest wyrównywanie linii brzegowej.

Za neutralne uznano brzegi, wzdłuż których zachodzące procesy morfodynamiczne, wywołane falowaniem akwenu, nie mają obecnie istotnego wpływu na zmianę jego pierwotnego ukształtowania. Występują one w różnych częściach większych zatok oraz w cofkowej – górnej partii zbiornika, gdzie małe głębokości akwenu nie sprzyjają powstawaniu wysokich fal, zdolnych abraować brzegi. W przyszłości będą to brzegi biogenne, zarastające, a na odcinkach bardziej odkrytych na oddziaływanie falowania staną się abrazyjne, o małym jednak natężeniu procesu

przekształcania rzeźby. Taką prawidłowość zauważono w zbiornikach dłużej eksploatowanych (Banach 1994).

W Mikołajewicach, w górnej partii zbiornika, lewy brzeg macierzysty, który przy niższych stanach wody jest rozmywany przez nurt Warty i jej dopływ Młynówkę, uznano za erozyjny. Proces erozji obejmuje odcinek długości ok. 200 m.

Jako oddzielny typ, zbliżony do neutralnego, wyróżniono brzegi umocnione, wzdłuż których zachodzące procesy fizyczne nie powodują widocznych zmian ze względu na niepodatność na rozmywanie nadwodnej ich części. Brzegi te umocniono opaską betonową (zapory boczne i czołowa) lub faszynowo-kamienną (stromie brzegi w Tądowie, Miłkowicach i Brzegu). W sumie stanowią one 32,1% długości brzegów, więcej znajduje się na brzegu lewym (tab. 1).

Współczynnik stabilności brzegów, będący stosunkiem długości odcinków akumulacyjnych do abrazyjnych, w zbiornikach o ustabilizowanej strefie brzegowej powinien dążyć do jedności (Širokov i in. 1992). Na zbiorniku Jeziorsko po ośmiu latach jego eksploatacji wynosi on zaledwie 0,12. Dla porównania, na zbiorniku Włocławek po dwudziestu latach jego funkcjonowania współczynnik ten nie przekraczał 0,1 (Banach 1994).

6. Płycizny przybrzeżne

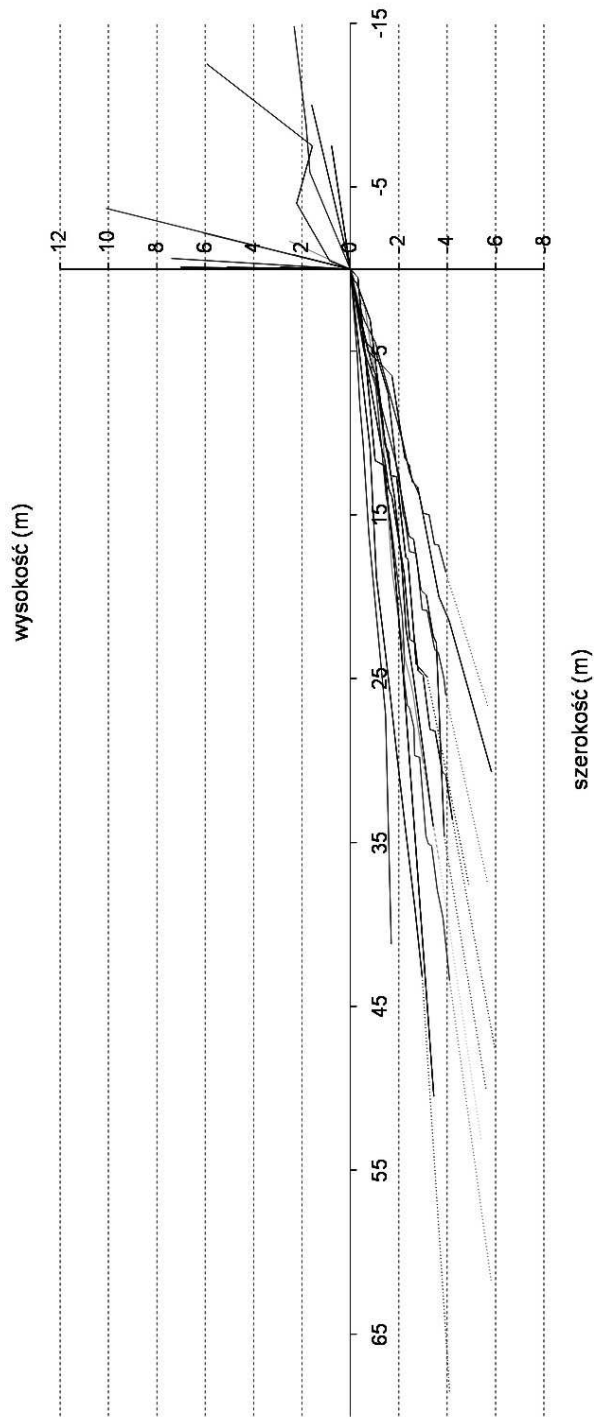
Płycizny (platformy) przybrzeżne są to płytkie strefy ciągnące się wzdłuż brzegów wód stojących, powstające pod wpływem falowania – abrazyj, cofania się brzegów oraz segregacji, transportu i akumulacji osadów. Są przeważnie genezy abrazyjno-akumulacyjnej; od łądu oddzielone są na ogół podnóżem klifu brzegu, a od odkrytego akwenu wyraźnym załomem podwodnego stoku. U podstawy klifu zachodzi rozmywanie skał brzegu macierzystego przez potok przyboju i ich transport w kierunku zbiornika przez powrotny prąd denny. Osady wędrują po abrazyjnej części płycizny i deponowane są na części akumulacyjnej oraz na zewnętrznym jej stoku. Najdrobniejsze cząstki transportowane są w postaci zawiesiny na otwarty akwen. Z upływem czasu szerokość płycizn wzrasta, przy czym wąskie w pierwszych latach eksploatacji zbiornika narastają szybciej. Z czasem tempo ich przyrostu stopniowo maleje (Banach 1994). W przypadku zmieniających się stanów wody, jak w zbiorniku Jeziorsko, powyższe strefy ulegają znacznym przemieszczeniom i przeobrażeniom. Przykładowo, fragment płycizny, na którym przy maksymalnym stanie wody materiał jest akumulowany, po obniżeniu zwierciadła wody może podlegać rozmyciu. W efekcie szerokość płycizny wzrasta, a proces stabilizacji brzegu ulega wydłużeniu w czasie.

Pomiary płycizn zbiornika wykonano w II połowie września 1999 r. przy obniżającym się zwierciadle wody, w tempie ok. 7 cm/dobę. Stan wody był około 1,1 m wyższy od poziomu minimalnego, przy którym kształtuje się zasadniczy zarys krawędzi i zewnętrznego stoku płycizny. Geodezyjnie pomierzono parametry tylko odsłoniętej, nadwodnej części płycizny (szerokość, kąt nachylenia). Pozostała „brakująca”, subakwalną część poprzez analogię do innych akwenów tego typu i wielkości wyznaczono rachunkowo, zakładając, iż nachylenie płycizny przy równomiernym obniżaniu zwierciadła wody nie zmienia się, a jej stok zewnętrzny kształtuje się na głębokości

ok. 0,7 m poniżej minimalnego poziomu lustra wody, tj. na rzędnej ok. 115,6 m n.p.m. Parametry płycizn zestawiono w tabeli 2 i zilustrowano na rycinie 5.

Płycizny towarzyszące abrazyjnym odcinkom brzegu są wąskie i stosunkowo strome. Ich górna część wysłana jest grubym materiałem, rezydium, którego ilość maleje wraz z oddalaniem się od podstawy klifu. Szerokość platform waha się od 20,3 do 68,5 m, kąt nachylenia mieści między $2^{\circ}20'$ a 12° , natomiast wysokość klifu, którego podnóże kształtuje się na rzędnej od 120,5 do 121,5 m, wynosi od 0,2 do 10,1 m. Zróżnicowanie geomorfologiczne obszaru oraz rozciągłość akwenu przyczyniają się do znacznych różnic w wykształceniu płycizn (tab. 2). Największe płycizny występują wzdłuż prawego brzegu zbiornika, zbudowanego z glin zwałowych, na odcinku od Brzegu do Glinna, osiągając tutaj średnio 39,1 m (21,5 – 50,5 m), przy nachyleniu $5^{\circ}50'$ ($2^{\circ}20' - 10^{\circ}50'$). Klif ma tu 3,8 m wysokości, wahając się od 0,4 do 7,2 m. Również wąskie (średnio 47,9 m) i strome (średnio $7^{\circ}40'$) płycizny towarzyszą brzegom w Siedlątkowie, w północnej, przyzaporowej części zbiornika (fot. 1). Wysokość abradowanego klifu, zbudowanego z glin zwałowych i podścielających je piasków oraz żwirów wodnolodowcowych, wynosi tu średnio 5 m, choć maksymalnie przekracza 10 m. Pozostałe płycizny wzdłuż aktualnie abradowanych brzegów są szersze i bardziej połogie (fot. 2). Wydaje się, iż czynnikami determinującymi ich rozwój na obecnym etapie kształtowania się strefy brzegowej zbiornika Jeziorsko są wysokość i budowa geologiczna brzegu macierzystego, warunkujące ilość dostarczanego w procesie abrazyji materiału. W morfologii platform zaznaczają się mniej lub bardziej wyraźne stopnie – poziomy. Ich liczba na niektórych odcinkach brzegu dochodzi do 5-6, a wysokość waha się od kilku do blisko 30 cm. Powstają one zarówno w materiale *in situ*, jak i w aluwiach zbiornika, redeponowanych potokiem przyboju przy zmieniających się stanach wody. „Znaczą” one dłużej utrzymujące się stany wody bądź okresy wzrostu intensywności falowania. Jest to jedna z charakterystycznych cech platform abrazyjnych zbiorników o znacznych, długookresowych wahaniach zwierciadła wody (Spanila, Simeonova 1993). Na powierzchni platform występuje cała gama osadów – od gładów o średnicy kilkudziesięciu centymetrów, występujących głównie w prawobrzeżnej, północnej części zbiornika (fot. 1), do piasków drobnoziarnistych i mułków.

Nieco odmienną morfologię mają płycizny wzdłuż akumulacyjnych odcinków brzegu. Górna ich część stanowi mniej lub bardziej regularny wał brzegowy, zbudowany z aluwiów piaszczysto-żwirowych. Wał ten jest wyznacznikiem akumulacyjnego typu brzegu. Płycizny prawobrzeżne wzdłuż brzegów wysokich, gdzie proces akumulacji zachodzi punktowo, na krótkich odcinkach (zatoczki, większe undulacje linii brzegowej), są szersze (85-150 m) i bardziej połogie (ok. 3°) od sąsiednich fragmentów abrazyjnych. Jeszcze bardziej połogie ($1^{\circ}-3^{\circ}$) i szersze (90-300 m) są płycizny lewobrzeżne, towarzyszące brzegom niskim, przypłyicznym. Powierzchnię płycizn pokrytych cienką warstewką utworów mułkowo-piaszczystych urozmaicają miejscami ciągi walików akumulacyjnych kilkucentymetrowej wysokości. Najwyżej położony ciąg tworzy się przy ekstremalnie wysokich stanach wody i ma postać nieregularnego, inicjalnego wału brzegowego. Pozwala on na wyznaczenie „górnego” zasięgu płycizny. Większy problem pojawia się przy wyznaczaniu dalszej jej części, zwłaszcza przy szczególnie rozległych, kilkusetmetrowych odsto-



Ryc. 5. Przekroje poprzeczne płytczn przybrzeżnych zbiornika Jezioro, brzeg prawy, abrazyjny. Linia kropkowaną zaznaczono fragment przekroju wyliczony rachunkowo

Tabela 2

Morfometria pływiczna przybrzeżnych zbiornika Jezioro (1999 r.)

Lp.	Lokalizacja (P – brzeg prawy, L – brzeg lewy, liczba wykonanych przekrojów)	Typ brzegu	Utwory powierzchniowe	Wysokość klifu (średnia, maksymalna – minimalna) [m]	Szerokość pływiny* (średnia, minimalna – maksymalna) [m]	Kąt nachylenia pływiny (średni, minimalny – maksymalny)
I	Siedlątków, P, 8	abrazyjny	gliny zwalowe stadiatu Warty, zalegające ponad silnie zaburzonymi piaskami i żwirami wodnolodowcowymi i innymi starszymi utworami plejstoceńskimi	5,0 10,1 – 2,3	40,0 23,4 – 53,9	7°40' 3°50' – 12°
II	Popów, P, 3	akumulacyjny, akumulacyjno- neutralny	piaski i mułki rzeczne vistulianu	–	102,5 74,5 – 133,4	2°56' 1°50' – 4°
III	Glinno – Brzeg, P, 4	abrazyjny	gliny zwalowe stadiatu Warty	3,8 0,38 – 7,2	39,6 21,5 – 39,6	5°50' 2°20' – 10°50'
IV	Skęczniew, L, 2	abrazyjny	gliny zwalowe stadiatu Warty	0,78 0,43 – 1,13	56,2 51,1 – 61,3	5°05' 4°40' – 5°40'
V	Kościanki – Tądów Dolny, L, 3	neutralno- akumulacyjny	piaski i mułki rzeczne vistulianu	–	197,7 95,4 – 263,7	1°43' 1° – 3°
VI	Zaspy Miłkowieckie – Tądów Górny, L, 3	abrazyjny	piaski i żwiry wodnolodowcowe na glinach i glinach zwalowe stadiatu Warty	0,66; 1,2 – 0,2	32,9 20,8 – 37,9	5°33' 6°30' – 3°50'

*) całkowitą szerokość pływiny uzyskano na podstawie pomiarów terenowych, uzupełnionych obliczeniami



Fot. 1. Wysoki, prawy brzeg abrazyjny w Siedlątkowie, 19.09.1999 r.



Fot. 2. Niski, prawy brzeg abrazyjny w Brzegu, 25.08.1999 r.

niętych powierzchniach. Problematyczne staje się uznanie całej tej strefy za płyciznę przybrzeżną, zwłaszcza gdy na znacznych jej przestrzeniach brak zarówno form, jak i wyraźnych nagromadzeń osadów czy wyraźnych śladów rozmywania. W takich przypadkach należy raczej mówić o braku płycizny bądź inicjalnym etapie jej tworzenia. Przyczyną tego zjawiska jest bardzo mały stopień nachylenia brzegu macierzystego, a tym samym mała energia potoku przyboju oraz stosunkowo krótki czas panujących tu warunków wodnych. Problem ten z pewnością będzie można jednoznacznie rozstrzygnąć w trakcie dalszych badań strefy brzegowej tego oraz innych zbiorników, cechujących się znacznymi wahaniami stanów wody.

7. Zakończenie

W procesie rozwoju strefy brzegowej zbiorników można wydzielić trzy stadia: kształtowania brzegów, stabilizacji i obumierania (Širokov i in. 1992). Granice między nimi są nieostre. Czas potrzebny do osiągnięcia poszczególnych stadiów zależy od parametrów akwenu i wahań lustra wody; im większy akwen i wyższe amplitudy wahań lustra wody, tym dłużej trwają poszczególne stadia. Przebieg stanów wody odbija się nie tylko na tempie, ale i na charakterze przekształcania brzegów. Przy dużych wahaniami płycizny są niewyraźne, przeważnie kształtują się w typie abrazyjnym, a osadów na ich powierzchni, poza rezyduum i plażą, jest mało lub w ogóle ich brak. Tak jest właśnie w badanym zbiorniku, którego strefa brzegowa – w ósmym roku jego eksploatacji – znajduje się w stadium intensywnego przekształcania.

Literatura

- Atlas hydrologiczny Polski, 1986, Warszawa, t. 2, z. 1
- Banach M., 1973, Budowa geologiczna i powierzchniowe ruchy masowe na prawym brzegu doliny Wisły między Płockiem a Włocławkiem. *Przeł. Geogr.* t. 45, z. 2, s. 353-371
- Banach M., 1981, Abrazja brzegów a zamulanie zbiornika „Włocławek”. *Gosp. Wodna* 11-12, s. 283-287
- Banach M., 1994, Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek. *Prace Geogr. IGiPZ PAN Warszawa*
- Buraczyński Z., 1986, Badania geologiczno-inżynierskie (na zbiorniku Jeziorsko). *Gosp. Wodna* 8, s. 185-187
- Cyberski J., 1965, Procesy denudacyjne w strefie przybrzeżnej zbiornika rożnowskiego. *Prace Śl. Hydrol. i Meteorol.* 3-4, s. 42-52
- Dąbkowski S. L., 1978, Wyniki wstępnych badań abrazji brzegu zbiornika Nysa. *Gosp. Wodna* 10, s. 312-316
- Grobelska H., 1999, Aktualny stan strefy brzegowej zbiornika Pakoskiego. W: *Eksploatacja i oddziaływanie dużych zbiorników nizinnych na przykładzie zbiornika Jeziorsko (konferencja naukowo-techniczna)*. Uniejów, s. 195-210
- Kieraś W., Majka J., Racinowski R., 1973, Próba określenia ilościowej charakterystyki abrazji na zbiorniku solnińskim. *Gosp. Wodna* 4, s. 129-131
- Klatkowska H., Załoba M., 1990, Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, Ark. Warta. Warszawa

- Klatkova H., Załoba M., 1992, Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, Ark. Warta. Warszawa
- Kostecki M., 1975, Wstępne obserwacje nad transformacją brzegów zbiornika w Tresnej. *Gosp. Wodna* 4, s. 114-145
- Majde A., Niepokulczycki M., 1972, Fotogrametryczny pomiar skutków abrazji na zbiornikach śródlądowych. *Gosp. Wodna* 1, s. 11-16
- Mańkowska A., Baranowski J., 1970, Mapa geologiczna Polski 1: 200 000, Ark. Kalisz, A – Mapa utworów powierzchniowych. Warszawa
- Mroczek J., Ślusarczyk U., Waclawski M., 1984, Charakterystyka abrazji brzegów zbiornika Żywieckiego po 10 latach eksploatacji. *Czas. Techn.* t. 84, nr 3, s. 5-11
- Orłowski W., 1999, Techniczna charakterystyka zbiornika retencyjnego Jeziorsko na Warcie. W: *Eksploatacja i oddziaływanie dużych zbiorników nizinnych na przykładzie zbiornika Jeziorsko (konferencja naukowo-techniczna)*. Uniejów, s. 7-17
- Spanila T., Simeonova G., 1993, Bank deformations on some water reservoirs in Bulgaria and Czechoslovakia. *Acta Montana, Gt AS CR, S. A. No 4 (90)*, s. 93-110
- Širokov V.M., Lopuch P.S., Levkevič S., 1992, Formirovanie beregov malych vodochranilišč lesnoj zony. Sankt-Petersburg
- Wiśniewski B., 1966, Badania dynamiki jezior i zbiorników wodnych przeprowadzone przez IGW w 1964 r. *Gosp. Wodna* 2, s. 77-78
- Załoba M., 1996, Ślady oscylacji lądolodu warciańskiego we wschodniej części międzyrzecza Warty i Prozny. *Acta Geographica Lodzensia* t. 71, s. 275-287
- Ziętara T., 1992, Wstępne wyniki badań i prognozy dotyczące przebiegu niszczenia brzegów zbiornika w Dobczycach. *Rocznik Naukowo-Dydaktyczny WSP Kraków*, z. 151, *Prace Geogr.* 14, s. 95-107